

**РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ЖИДКОСТЕЙ РАЗРЫВА В УСЛОВИЯХ ГЕОМЕТРИИ  
КОМПОНОВОК ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА**

**А. Г. Дивович**

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,  
г. Гомель*

*Рассмотрен новый метод анализа рецептур жидкостей разрыва, применяемых в технологии ГРП. В отличие от традиционных ротационных методов анализа в работе предлагается использовать параметр осцилляционных измерений – фактор потерь  $\tan\delta$  – в качестве критерия оценки рисков, вносимых рецептурой жидкости разрыва на успех операций ГРП. Переход к осцилляционным методам измерения позволяет оценивать как шишты, так и линейные системы полимеров.*

**Ключевые слова:** реология, ГРП, осцилляционные методы анализа, жидкости разрыва.

**DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL MODEL TO RESEARCH  
THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FRACTURE FLUIDS UNDER  
THE GEOMETRY OF HYDRAULIC FRACTURING LAYOUTS**

**A. G. Divovich**

*BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel*

*This paper considers a new method for analyzing fracturing fluid formulations used in hydraulic fracturing technology. In contrast to traditional rotational methods of analysis, the paper proposes to use the parameter of oscillation measurements – loss factor  $\tan\delta$  – as a criterion for assessing the risks introduced by the fracture fluid formulation on the success of fracturing operations. The transition to oscillatory measurement methods makes it possible to evaluate both cross-linked and linear polymer systems.*

**Keywords:** rheology, fracturing, oscillatory methods of analysis, fracture fluids.

Одной из важнейших задач, стоящих перед современными испытательными лабораториями гидравлического разрыва пласта (ГРП), является осуществление входного контроля реагентов. Многие из уже существующих методик анализа жидкостей разрыва не позволяют оценивать комплексные реологические характеристики растворов полимеров, применяемых в операциях ГРП, ограничиваясь вязкостью как основным критерием качества. Ранее было показано, что пропантоудерживающая способность жидкостей разрыва зависит не только от вязкости, а скорее, от множества реологических характеристик, в частности, была показана корреляция между временем оседания пропанта в растворе и модулем накопления сдвига  $G'$  этого раствора [1, 2].

Предложенная в докладе методика оценивания качества жидкостей разрыва берет за основу параметр осцилляционных измерений – фактор потерь  $\tan\delta$ , представляющий собой соотношение модулей потерь сдвига  $G''$  и накопления сдвига  $G'$ . Последние величины применяются в определении LVE-диапазона вязкоупругих жидкостей. В случае, когда фактор потерь  $\tan\delta$  принимает значения выше единицы, предлагается считать, что анализируемая жидкость обладает преимущественно текучими свойствами и, следовательно, является фактором риска получения СТОП на операции ГРП. Соответственно, в случае, когда фактор потерь  $\tan\delta$  принимает зна-

чения меньше единицы, предлагается считать, что анализируемая жидкость обладает преимущественно упругими свойствами и, следовательно, обладает способностью переносить расклинивающий агент (пропант или песок).

Таким образом, целью исследования было показать воспроизводимость предлагаемой методики и ее валидность в рамках реагентов, применяемых в операциях ГРП. Для этого была разработана экспериментальная модель компоновки ГРП, параметры которой возможно воспроизвести в лабораторных условиях. Были проведены измерения для шести выбранных рецептов жидкостей разрыва: три – наиболее широко распространенные расходы жидкости и две – геометрии компоновок ГРП. На рис. 1 представлено сравнение изменения фактора потерь  $\tan\delta$  различных рецептов жидкостей разрыва в рамках разработанной экспериментальной модели.

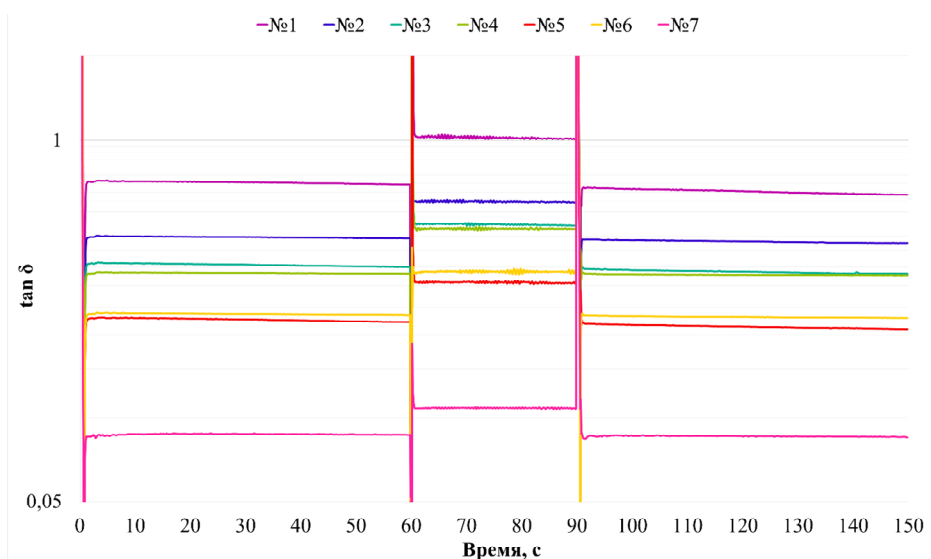


Рис. 1. Сравнение фактора потерь  $\tan\delta$  для рецептов № 1–7

Рецептуры № 1–7 (рис. 1) отличаются между собой содержанием гуарового гелеобразователя и боратного сшивателя. С увеличением порядкового номера рецептуры соответственно увеличиваются концентрации названных реагентов. Приведенные данные свидетельствуют о том, что с увеличением содержания гелеобразователя и сшивателя, фактор потерь  $\tan\delta$ готавливаемых жидкостей разрыва уменьшается, а следовательно, рецептура становится все более безопасной для применения в реальных операциях. Рецептуру № 1 предложено считать критической для используемых реагентов, так как на среднем участке, отвечающим за пик нагрузки на жидкость, ее фактор потерь  $\tan\delta$  становится большим, чем единица, т. е. жидкость разрыва на данном участке обладает преимущественно текучими свойствами, ее пропантонесущая способность уменьшается, а риски СТОПа возрастают.

В докладе обсуждаются такие ранее известные эффекты влияния состава рецептуры жидкости разрыва на ее реологические свойства, как увеличение времени сшивки с ростом минерализации используемой воды и восстановительные способности жидкостей разрыва. Дополнительно были проведены исследования по подбору оптимальной измерительной системы для предложенной экспериментальной модели. Была предложена система типа двойного зазора.

Литература

1. Применение метода осцилляционной реологии для исследования жидкостей разрыва / Т. Д. Гилязитдинов [и др.] // Рос. нефтегаз. техн. конф., Москва, 12–14 окт. 2020 г. / SPE. – М., 2021.
2. Разработка жидкостей разрыва на основе сополимеров акриламида и исследование их физико-технологических свойств методами осцилляционной реологии / М. В. Казак [и др.] // Рос. нефтегаз. техн. конф., Москва, 12–14 окт. 2021 г. / SPE. – М., 2021.

УДК 622.276.66

**НОВЫЕ ПОХОДЫ К СОЗДАНИЮ ТРЕЩИН ГИДРАВЛИЧЕСКОГО  
РАЗРЫВА ПЛАСТА В ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ**

**Я. А. Майлат**

*БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,  
г. Гомель*

*Описаны основные методы задания трещин ГРП в гидродинамических моделях, проведены расчеты, рассчитаны показатели ввода скважин при различных методах задания трещин, оценена сходимость расчетных и входных показателей при одинаковых входных условиях.*

**Ключевые слова:** гидравлический разрыв пласта, гидродинамическая модель, проводимость, трещина, проппант, коэффициент продуктивности, прогноз.

**NEW APPROACHES TO SPECIFYING FRACTURES  
IN HYDRODYNAMIC MODELS**

**Y. A. Maylat**

*BelNIPIneft RUE “Production Association “Belorusneft”, Gomel*

*This article describes the main methods for specifying hydraulic fractures in hydrodynamic models, performed calculations, calculated well commissioning rates for various methods of specifying fractures, and assessed the convergence of calculated and input indicators under the same input conditions.*

**Keywords:** hydraulic fracturing, hydrodynamic model, transmissibility, fracture, proppant, productivity index, forecast.

Результат применения любой технологии, направленной на добычу углеводородов, зависит от большого количества геолого-физических и технологических факторов. Чем сложнее процесс или технология добычи нефти, тем большее количество параметров и свойств должно учитываться при оценке их эффективности.

Одной из наиболее сложных технологий, направленных на увеличение степени нефтеизвлечения, является гидроразрыв пласта (ГРП). Для решения задач прогнозирования работы скважин после проведения ГРП необходима объективная оценка его эффективности. Для того чтобы свести количество выходных анализируемых параметров к минимуму, одним из самых доступных вариантов является расчет эффективности проведения ГРП на текущей гидродинамической модели [1]. Однако на текущий момент не существует единого подхода к учету параметров трещин при оценке эффективности проведения ГРП. Поэтому основная цель – оптимизация метода выбора моделирования ГРП для повышения прогнозной способности. В качестве объектов исследования были выбраны скважины 97п и 105п ланско-старооскольской залежи Барсуковского месторождения.